

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



(19)

(11) Publication number:

**08033993 A**

Generated Document.

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**(21) Application number: **06172687**(51) Intl. Cl.: **B23K 26/00 B23K 26/00 B23K 26/06 G02F 1/1343 H01S 3/127**(22) Application date: **25.07.94**

(30) Priority:

(43) Date of application  
publication: **06.02.96**(84) Designated contracting  
states:(71) Applicant: **SEIKO EPSON CORP**(72) Inventor: **AMAKO ATSUSHI  
SONEHARA TOMIO**

(74) Representative:

**(54) LASER BEAM  
MACHINE AND LASER  
BEAM PROCESSING  
METHOD AND LIQUID  
CRYSTAL PANEL**

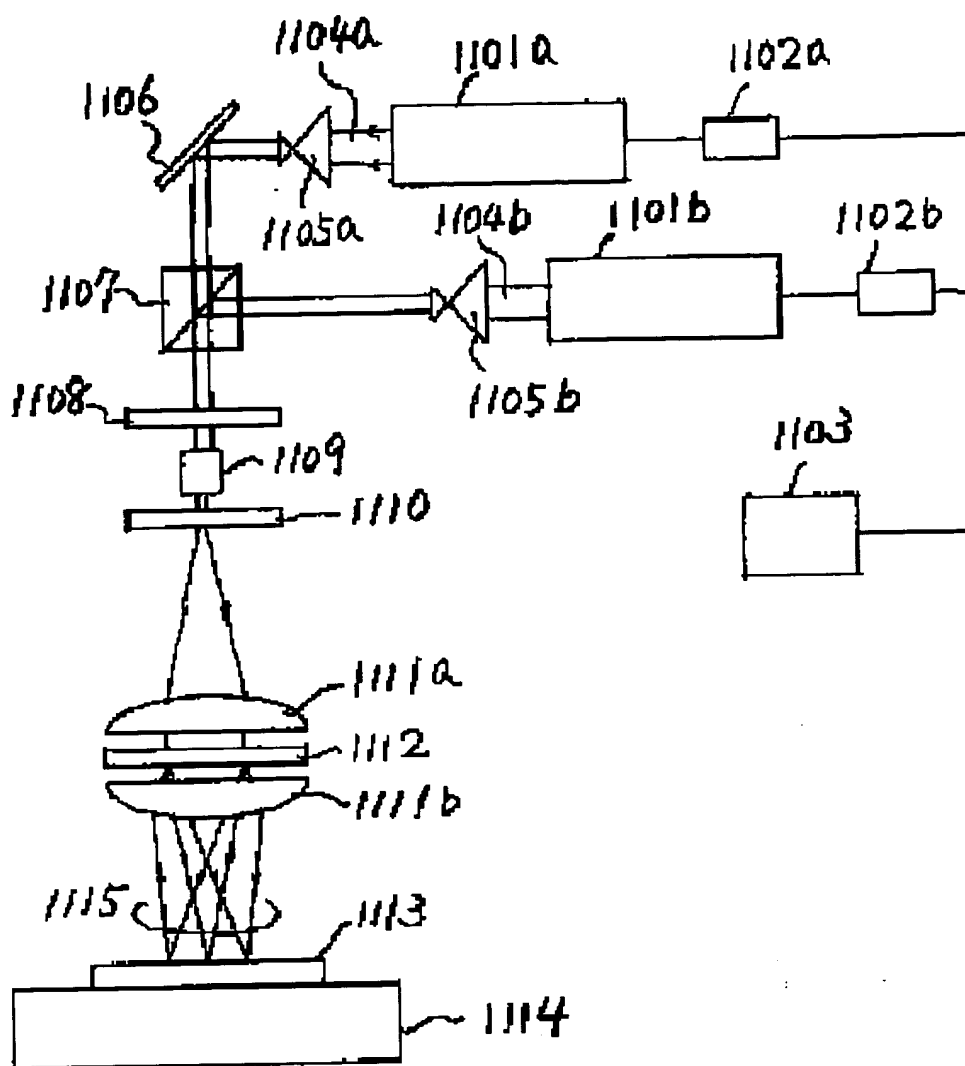
(57) Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a high-quality processing method by driving the plural pulse laser transmitters of a laser beam machine by shifting their transmission phases.

**CONSTITUTION:** The laser transmitters 1101a 1101b are controlled by Q switch drivers 1102a, 1102b and a Q switch controller 1103 and are driven while their transmission phases are shifted. Two pieces of beams 1104a, 110b to be emitted are reduced in beam diameters and the optical paths of two pieces of the beams are made common by a polarized light synthesizing element 1107. The beams transmitted through an amplitude mask 1110 via a

wavelength plate 1108 and an optical integrator 1109 pass imaging lens diameters 1111a, 1111b and a phase grating 1112 existing therebetween. This phase grating 1112 branches one piece of incident beam to thirty two pieces of diffracted beams. Thirty two pieces of the images of the amplitude mask 1110 are formed at equal spacings on the surface of a light transmissive conductive film 1113 held on a precision stage 1114 and the light transmissive conductive film is cut rectilinearly or curvilinearly by moving the precision stage 1114.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-33993

(43) 公開日 平成8年(1996)2月6日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>  
B 2 3 K 26/00識別記号  
3 3 0

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

26/06

G  
E  
C  
J

審査請求 未請求 請求項の数24 OL (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-172687

(22) 出願日 平成6年(1994)7月25日

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 尼子 淳

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 曾根原 富雄

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

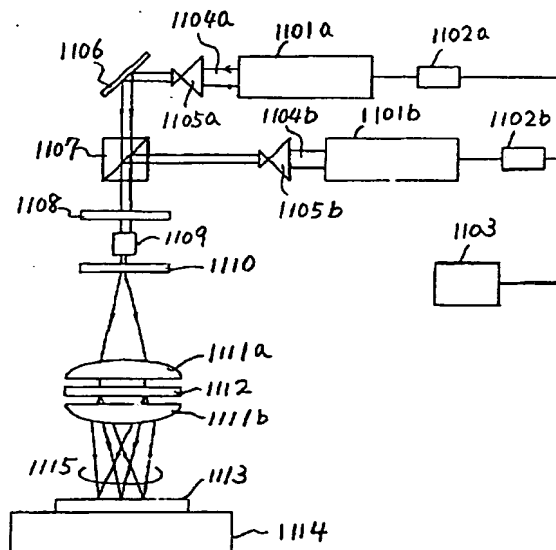
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名)

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置及びレーザ加工方法並びに液晶パネル

## (57) 【要約】

【目的】基板上に被着させた薄膜を精密かつ高速に加工するレーザ加工装置および加工方法を提供し、これらによりパターンニングされた電極構造を有する液晶パネルを提供する。

【構成】本発明のレーザ加工装置は、複数のパルスレーザ発振器と、前記複数のレーザ発振器のそれぞれの発振サイクルの位相をずらして前記複数のレーザ発振器を順次駆動する手段と、前記複数のレーザ発振器からのビームの品質を同じにする手段と、前記複数のレーザ発振器からのビームを楕円偏光にする手段と、前記複数のレーザ発振器から出射されるビームを受ける光インテグレータと、前記光インテグレータから出射されるビームを受ける振幅マスクと、前記振幅マスクを通過するビームを複数のビームに分岐する手段と、前記振幅マスクの実像を被加工物上に結像する手段とを備え、前記分岐する手段と前記結像する手段により得られた複数の実像を被加工物に選択的に照射することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】少なくとも、複数のパルスレーザ発振器と、前記複数のパルスレーザ発振器のそれぞれの発振位相をずらして前記複数のパルスレーザ発振器を順次駆動する手段と、前記複数のパルスレーザ発振器から出射されるビームの光路を一致させる手段と、少なくともひとつの振幅マスクと、前記振幅マスクを通過するビームを複数のビームに分岐する手段と、前記振幅マスクの実像を被加工物上に結像する手段を備え、前記振幅マスクの複数の実像を被加工物に照射することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 2】前記複数のパルスレーザ発振器が、Qスイッチレーザ発振器であることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 3】前記複数のQスイッチレーザ発振器が、第 2 高調波を出射する固体レーザ発振器であることを特徴とする請求項 2 記載のレーザ加工装置。

【請求項 4】被加工物を照射する前記複数の実像を楕円偏光にする手段を備えて成ることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 5】前記分岐する手段を少なくとも光路と直交する面内で回転させる手段を備えて成ることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 6】前記分岐する手段が位相格子であることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 7】前記振幅マスクの前に光インテグレータを備えて成ることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 8】少なくとも、パルスレーザ発振器と、前記パルスレーザ発振器を駆動する手段と、振幅マスクと、前記振幅マスクを通過するビームを複数のビームに分岐する手段と、前記振幅マスクの実像を被加工物上に結像する手段を備え、前記振幅マスクの複数の実像を被加工物に照射することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 9】前記パルスレーザ発振器が、Qスイッチレーザ発振器であることを特徴とする請求項 8 記載のレーザ加工装置。

【請求項 10】前記Qスイッチレーザ発振器が、第 2 高調波を出射する固体レーザ発振器であることを特徴とする請求項 9 記載のレーザ加工装置。

【請求項 11】被加工物を照射する前記複数の実像を楕円偏光にする手段を備えて成ることを特徴とする請求項 8 記載のレーザ加工装置。

【請求項 12】前記分岐する手段を少なくとも光路と直交する面内で回転させる手段を備えて成ることを特徴とする請求項 8 記載のレーザ加工装置。

【請求項 13】前記分岐する手段が位相格子であることを特徴とする請求項 8 記載のレーザ加工装置。

【請求項 14】前記振幅マスクの前に光インテグレータを備えて成ることを特徴とする請求項 8 記載のレーザ加

工装置。

【請求項 15】複数のパルスレーザ発振器のそれぞれの発振位相をずらして前記複数のパルスレーザ発振器を順次駆動し、前記複数のパルスレーザ発振器から出射されるビームを振幅マスクへ照射し、前記振幅マスクを通過するビームを分岐した後に、前記振幅マスクの複数の実像を基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜に溝を形成することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 16】前記透光性導電膜がITO膜であることを特徴とする請求項 15 記載のレーザ加工方法。

【請求項 17】前記レーザ発振器が第 2 高調波用 YAG レーザ発振器であることを特徴とする請求項 15 記載のレーザ加工方法。

【請求項 18】前記レーザ発振器が第 2 高調波用 YLF レーザ発振器であることを特徴とする請求項 15 記載のレーザ加工方法。

【請求項 19】パルスレーザ発振器から出射されるビームを振幅マスクへ照射し、前記振幅マスクを通過するビームを分岐した後に、前記振幅マスクの複数の実像を基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜に溝を形成することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 20】前記透光性導電膜がITO膜であることを特徴とする請求項 19 記載のレーザ加工方法。

【請求項 21】前記レーザ発振器が第 2 高調波用 YAG レーザ発振器であることを特徴とする請求項 19 記載のレーザ加工方法。

【請求項 22】前記レーザ発振器が第 2 高調波用 YLF レーザ発振器であることを特徴とする請求項 19 記載のレーザ加工方法。

【請求項 23】複数のパルスレーザ発振器のそれぞれの発振位相をずらして前記複数のパルスレーザ発振器を順次駆動し、前記複数のパルスレーザ発振器から出射されるビームを振幅マスクへ照射し、前記振幅マスクを通過するビームを分岐した後に、前記振幅マスクの複数の実像を基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜にストライプ状の溝が形成された電極を備えて成ることを特徴とする液晶パネル。

【請求項 24】パルスレーザ発振器から出射されるビームを振幅マスクへ照射し、前記振幅マスクを通過するビームを分岐した後に、前記振幅マスクの複数の実像を基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜にストライプ状の溝が形成された電極を備えて成ることを特徴とする液晶パネル。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、加工品質が高く微細加工も可能で量産性に優れたレーザ加工装置及び前記レーザ加工方法、そして、このレーザ加工方法によりパターンニングされた電極構造を有する表示品質の優れた液晶パネルに関する。

【0002】

【従来の技術】レーザ加工装置としては、CO<sub>2</sub>レーザを使った金属板の切断・穴あけ加工や、YAGレーザによる金属薄板の精密加工が広く知られている。とくに、小型でメンテナンス性が良く、直径数10μmの集光スポットが容易に得られるという理由から、YAGレーザは各種の精密加工に適している。さらに、YAGレーザでは第2高調波(波長532nm)が得られるので、アブレーション効果を利用した微細な薄膜加工へも応用できる。レーザアブレーションとは、高分子材料にエキシマレーザやYAG高調波などの短波長・短パルスレーザを照射した時に、瞬時に分解・気化・飛散が起こり、局所的に材料が除去される現象のことである。事実、半導体製造用マスクの欠陥修正、薄膜センサの検出部のパターンニング、液晶パネルの電極パターンニング等に、QスイッチYAGレーザが利用され始めた。Qスイッチを用いる理由は、パルス幅が短くピークパワーが大きいビームを利用することにより、被加工部材への熱的損傷がない高品質な加工が実現できるからである。なお、アブレーション加工については、“短波長・短パルスレーザによる除去加工に関する研究”(精密工学会誌、Vol.3, 473-478(1993))に詳しい。

【0003】薄膜加工における最近の大きなニーズのひとつに、液晶パネルの透明電極のパターンニングがあり、加工品質かつ加工能力に優れた加工技術に対する期待が高まっている。液晶パネルの電極のパターンニングは、一般には、透光性導電膜が被着した基板をレーザビームに対して移動させながら、導電膜を所定の間隔で切断することにより行う。この時の加工品質すなわち導電膜の電気特性は、QスイッチYAGレーザの特性(主にピークパワー)から決まる。そして、レーザの特性はQスイッチ周波数に左右される。すなわち、Qスイッチ周波数を低くすると、パルス幅が狭くなり、ピークパワーは大きくなる。逆に、Qスイッチ周波数を高くすると、パルス幅が広がり、ピークパワーは小さくなる。

【0004】加工品質の観点からは、Qスイッチ周波数を低くして、ビームのピークパワーを高めることが望ましい。こうすると、アブレーション効果を介して、瞬間的に加工部位を除去することができ、加工部近傍や膜基板へ熱的損傷を与えることがない。このような加工方法が、特開昭60-261142、特開平2-259727に開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、これらの加工

方法には、生産性の点に問題がある。なぜならば、Qスイッチ周波数を下げることは、そのぶんだけ、ステージの送り速度を遅らせることにつながり、その結果として、加工速度が著しく低下するからである。

【0006】加工速度の観点からは、Qスイッチ周波数を高くして、ステージをすばやく移動させることが望ましい。しかし、Qスイッチ周波数を高くすると、ピークパワーが低下し、パルス幅が広がる。このために、液晶パネルの電極をパターンニングする時に、電極基板であるガラスに熱的損傷を与え、微細なクラックやくぼみが発生させる。このクラックやくぼみは、液晶パネルの表示品質を損ねる要因となる。また、ガラスに微量含まれているアルカリ金属イオンがクラック及びくぼみから液晶中に溶出し、このことが液晶パネルの表示不良の原因となる。

【0007】本発明の目的は上記の問題を解決し、加工品質に優れた加工能力の高いレーザ加工装置および加工方法を提供することにある。さらに、同レーザ加工装置ならびに加工方法を用いて製造した、表示品質の高い液晶パネルを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の第1のレーザ加工装置は、少なくとも、複数のパルスレーザ発振器と、前記複数のパルスレーザ発振器のそれぞれの発振位相をずらして前記複数のパルスレーザ発振器を順次駆動する手段と、前記複数のパルスレーザ発振器から出射されるビームの光路を一致させる手段と、少なくともひとつの振幅マスクと、前記振幅マスクを通過するビームを複数のビームに分岐する手段と、前記振幅マスクの実像を被加工物上に結像する手段を備え、前記振幅マスクの複数の実像を被加工物に照射することを特徴とする。

【0009】本発明の第2のレーザ加工装置は、前記第1のレーザ加工装置において、複数のパルスレーザ発振器が、Qスイッチレーザ発振器であることを特徴とする。

【0010】本発明の第3のレーザ加工装置は、前記第2のレーザ加工装置において、複数のQスイッチレーザ発振器が、第2高調波を出射する固体レーザ発振器であることを特徴とする。

【0011】本発明の第4のレーザ加工装置は、前記第1のレーザ加工装置において、被加工物を照射する複数の実像を楕円偏光にする手段を備えて成ることを特徴とする。

【0012】本発明の第5のレーザ加工装置は、前記第1のレーザ加工装置において、分岐する手段を少なくとも光路と直交する面内で回転させる手段を備えて成ることを特徴とする。

【0013】本発明の第6のレーザ加工装置は、前記第1のレーザ加工装置において、前記分岐する手段が位相格子であることを特徴とする。

【0014】本発明の第7のレーザ加工装置は、前記第1のレーザ加工装置において、振幅マスクの前に光インテグレータを備えて成ることを特徴とする。

【0015】本発明の第8のレーザ加工装置は、少なくとも、パルスレーザ発振器と、前記パルスレーザ発振器を駆動する手段と、振幅マスクと、前記振幅マスクを通過するビームを複数のビームに分岐する手段と、前記振幅マスクの実像を被加工物上に結像する手段を備え、前記振幅マスクの複数の実像を被加工物に照射することを特徴とする。

【0016】本発明の第9のレーザ加工装置は、前記第8のレーザ加工装置において、パルスレーザ発振器が、Qスイッチレーザ発振器であることを特徴とする。

【0017】本発明の第10のレーザ加工装置は、前記第9のレーザ加工装置において、Qスイッチレーザ発振器が、第2高調波を出射する固体レーザ発振器であることを特徴とする。

【0018】本発明の第11のレーザ加工装置は、前記第8のレーザ加工装置において、被加工物を照射する複数の実像を楕円偏光にする手段を備えて成ることを特徴とする。

【0019】本発明の第12のレーザ加工装置は、前記第8のレーザ加工装置において、分岐する手段を少なくとも光路と直交する面内で回転させる手段を備えて成ることを特徴とする。

【0020】本発明の第13のレーザ加工装置は、前記第8のレーザ加工装置において、分岐する手段が位相格子であることを特徴とする。

【0021】本発明の第14のレーザ加工装置は、前記第8のレーザ加工装置において、振幅マスクの前に光インテグレータを備えて成ることを特徴とする。

【0022】本発明の第1のレーザ加工方法は、複数のパルスレーザ発振器のそれぞれの発振位相をずらして前記複数のパルスレーザ発振器を順次駆動し、前記複数のパルスレーザ発振器から出射されるビームを振幅マスクへ照射し、前記振幅マスクを通過するビームを分岐した後に、前記振幅マスクの複数の実像を基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜に溝を形成することを特徴とする。

【0023】本発明の第2のレーザ加工方法は、前記第1のレーザ加工方法において、透光性導電膜がITO膜であることを特徴とする。

【0024】本発明の第3のレーザ加工方法は、前記第1のレーザ加工方法において、レーザ発振器が第2高調波用YAGレーザ発振器であることを特徴とする。

【0025】本発明の第4のレーザ加工方法は、前記第1のレーザ加工方法において、レーザ発振器が第2高調波用YLFレーザ発振器であることを特徴とする。

【0026】本発明の第5のレーザ加工方法は、パルス

レーザ発振器から出射されるビームを振幅マスクへ照射し、前記振幅マスクを通過するビームを分岐した後に、前記振幅マスクの複数の実像を基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜に溝を形成することを特徴とする。

【0027】本発明の第6のレーザ加工方法は、前記第5のレーザ加工方法において、透光性導電膜がITO膜であることを特徴とする。

10 【0028】本発明の第7のレーザ加工方法は、前記第5のレーザ加工方法において、レーザ発振器が第2高調波用YAGレーザ発振器であることを特徴とする。

【0029】本発明の第8のレーザ加工方法は、前記第5のレーザ加工方法において、レーザ発振器が第2高調波用YLFレーザ発振器であることを特徴とする。

20 【0030】本発明の第1の液晶パネルは、複数のパルスレーザ発振器のそれぞれの発振位相をずらして前記複数のパルスレーザ発振器を順次駆動し、前記複数のパルスレーザ発振器から出射されるビームを振幅マスクへ照射し、前記振幅マスクを通過するビームを分岐した後に、前記振幅マスクの複数の実像を基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜にストライプ状の溝が形成された電極を備えて成ることを特徴とする。

【0031】本発明の第2の液晶パネルは、パルスレーザ発振器から出射されるビームを振幅マスクへ照射し、前記振幅マスクを通過するビームを分岐した後に、前記振幅マスクの複数の実像を基板上に被着された透光性導電膜に照射し、前記基板または前記複数のビームを移動することにより、前記透光性導電膜にストライプ状の溝が形成された電極を備えて成ることを特徴とする。

【0032】

【実施例】ここでは、単純マトリクス駆動方式の液晶パネルに使用されるストライプ電極を加工する事例の中で、本発明の構成及び特徴について詳しく説明する。

40 【0033】（実施例1）本発明のレーザ加工装置の構成を図1に示す。レーザ発振機器1101a、1101bはQスイッチYAGレーザであり、直線偏光のTEM<sub>00</sub>モードを出射する。レーザ発振器のQスイッチ周波数は、Qスイッチドライバ1102a、1102bにより制御される。1103はQスイッチコントローラであり、Qスイッチドライバが与える駆動信号の位相を制御する。発振器内のブリュスター素子の設置形態を工夫して、あるいは、発振器の外に波長板を配置して、発振器から出射される2本のビーム1104a、1104bが互いに直交する直線偏光となるようにする。ビーム径縮小用コリメータ1105a及び1105bにより、それぞれのビーム径を縮小し、さらに、偏光合成素子1107を用いて、2本のビームの光路を共通にする。そし

て、波長板1108によりビームの偏光を楕円偏光にした後に、光インテグレータ1109を介して、振幅マスク1110へ入射させる。振幅マスクを透過したビームは結像レンズ系へ入る。結像レンズ系はふたつのレンズ系1111aと1111bから構成され、両者の間には位相格子1112が存在する。位相格子1112には、1本の入射ビームを32本の回折ビームに分岐する作用がある。結像レンズ系(1111a、1111b)と位相格子1112の作用により、精密ステージ1114の上に保持された透光性導電膜(ITO膜)基板1113の表面に、振幅マスク1110の32個の像を等しい間隔で形成する。そして、精密ステージ1114を移動することにより、直線状あるいは曲線状にITO膜を切断する。図中、1106は光路折り曲げミラーである。

【0034】2本のビーム1104aと1104bを、それぞれ、縮小倍率可変なコリメータ1105aと1105bに通すことにより、発振器の個体差に起因するビーム品質(広がり角、ビーム径)を等しくする。こうすることにより、後で詳しく述べるように、均一な溝幅で電極膜を切断することができる。また、波長板を用いてビームを楕円偏光にすることにより、ITO膜が有する異方性、不均一性や、ITO膜上の付着物に左右されることなく、均一な幅と深さでITO膜を切断できるので、所要の加工品質を恒常的に維持することが可能となる。

【0035】本実施例の振幅マスクには、金属製の開口マスクを用いた。開口形状は正方形であり、その大きさは $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ である。図3に示すように、位相格子1 \*

$$p = m \lambda z / \Delta x; \quad m = \begin{cases} 1 & (\text{ビーム分岐数が奇数の時}) \\ 2 & (\text{ビーム分岐数が偶数の時}) \end{cases} \quad \dots (1)$$

【0040】ただし、 $\lambda$ はレーザ波長(532nm)、 $z$ は位相格子からITO膜面までの距離、 $\Delta x$ は開溝の間隔である。例えば、分岐数を偶数として、 $z = 100\text{mm}$ 、 $\Delta x = 200 \mu\text{m}$ とすると、 $p = 532 \mu\text{m}$ となる。ただし、結像レンズ系の焦点距離を50mmとし、等倍で結像する状況を仮定している。

【0041】位相格子の全体の大きさDは、回折理論から、次式のように決まる。

【0042】

【数2】

$$D > 2n \lambda z / L \quad \dots (2)$$

【0043】ただし、 $n$ は開口が与える回折光の次数、 $L$ は開口の一边の長さである。例えば、 $n = 3$ 、 $z = 100\text{mm}$ 、 $L = 10 \mu\text{m}$ とすると、 $D > 32\text{mm}$ となる。 $\pm 3$ 次までの回折光を結像レンズ系で取り込めば、開口の像における光強度分布の断面はほぼ矩形になる。後で述べるように、断面が矩形状の光強度分布を加工に用いると加工不良を除くことができる。

【0044】位相格子の位相分布の計算には、シミュレーション・テッドアニーリング法(Science20, 671-680(198

\*112により開口マスクから32個の回折像をつくり、倍率1:1の結像レンズ系(1111a、1111b)により、前記の回折像から32個の開口の像をITO膜上に形成する。開口マスク1110の前には、レンズアレイを採用した光インテグレータ1109を配置する。この光インテグレータにより開口上の光強度分布を均一にでき、したがって、ITO膜上の開口の像における光強度分布も均一にできる。こうした均一な光強度分布を加工に用いることにより、ITO膜基板の性質に左右されずに所要の加工品質を確保することができる。

【0036】本実施例の構成に用いる位相格子は、1次元の表面凹凸型位相格子である。断面形状はほぼ矩形であり、学問的には、2値位相格子として分類されるものである。本実施例の位相格子の位相分布(1周期分)を図8に模式的に示す。図中、白部分の位相値が $\pi \text{ rad}$ 、斜線部分の位相値が $0 \text{ rad}$ である。

【0037】位相格子の主要な設計事項は、①1周期の長さ、②全体の大きさ、③1周期内の位相分布の3つである。1周期の長さはITO膜上に形成する開溝の間隔から決まり、全体の大きさは結像レンズ系が受けるビーム径から決まる。そして、1周期内の位相分布は、所要のビーム分岐数及び所要のビーム強度の均一性から決まる。

【0038】位相格子の周期 $p$ は、回折理論から、次式で与えられる。

【0039】

【数1】

3)、以後、SA法と略す)を用いた。これまでにも、SA法を用いて位相格子を設計した事例がいくつか報告されている(Appl. Opt. 32, 2512-2518(1993)、Appl. Opt. 31, 3320-3336(1992)、Appl. Opt. 31, 27-37(1992))。しかし、SA法の運用に必要なルールの構築には経験が必要であり、このルールの出来不出来が、“良い解”が得られるかどうかを大きく左右する。“良い解”とは位相格子に要求される光学性能を満足する解のことであり、前記の光学性能は位相格子の使用目的から決まる。

【0045】SA法を用いて位相格子を設計するには、少なくとも、①評価関数の定義と重みの設定、②温度スケジューリング、③平衡状態の判定について、運用のルールを定めなければならない。なお、評価関数とは位相格子の性能に関する推定値と目標値の差に対応する量であり、この関数値が最も小さくなる時の解が最適解である。

【0046】本実施例で用いる位相格子に要求される光学性能を以下にあげる。

【0047】(1) 光利用効率が80%以上であること。



【0048】(2)分岐後のビーム強度均一性が0.90以上であること。

【0049】ここで、光利用効率とは、所要の回折次数のビームに供給し得る光エネルギーの割合を意味する。ビーム強度均一性とは、分岐された複数の回折ビームにおける強度の最小と最大の比を意味する。上記(1)と(2)の条件は、後で述べるように、レーザ発振器出力と、加工閾値と、要求される加工均一性から決まる。

【0050】実際の計算では、(1)と(2)の条件を評価関数の中に取り入れて、(1)と(2)の条件を満足する解の中から、さらに、位相格子の作製誤差を考慮して、以下の(3)と(4)の条件を満足する解を選択した。

【0051】(3)位相格子の最小線幅ができるだけ太いこと。

【0052】(4)位相格子の性能が作製誤差に大きく左右されないこと。

【0053】上記(3)と(4)の条件は、位相格子の作製に使用するフォトリソ装置、露光・現像装置、及びエッチング装置の各装置のパターン転写能力から決まる。

【0054】以上のことから理解できるように、SA法により求めた位相格子の位相分布データには、設計者の創造性が反映されていると言える。この状況は、レンズ設計におけるレンズデータの立場とよく似ている。このような観点から、本出願においては、発明の実施に際して用いた位相格子の位相分布データを全て開示することにした。以下、表1、表2においては、位相値が0 radから $\pi$  rad(この逆でもよい)に変化する位置の座標を1周期分について示した。表3、表4においては、1周期を256または128の区間に等分割して、各区間の位相値を0と1で示した。0が0 rad、1が $\pi$  radに対応する(この逆でもよい)。

【0055】(位相格子1)

・分岐数：32

【0056】

【表1】

位相格子1の位相分布データ

0.000000	0.246840	0.595123	0.818825
0.048074	0.269681	0.613153	0.844038
0.079016	0.282296	0.628190	0.863233
0.095123	0.318825	0.648391	0.967033
0.113153	0.344038	0.670533	1.000000
0.128190	0.363233	0.686777	
0.148391	0.467033	0.701824	
0.170533	0.500000	0.746840	
0.188777	0.548074	0.769661	
0.201824	0.579016	0.782296	

【0057】(位相格子2)

・分岐数：16

【0058】

【表2】

位相格子2の位相分布データ

0.000000	0.253173	0.542033	0.781582
0.042033	0.281582	0.580009	0.828336
0.080009	0.328336	0.660926	0.843765
0.160926	0.343765	0.711175	0.900757
0.211175	0.400757	0.753173	1.000000

【0059】(位相格子3)

・分岐数：16

【0060】

【表3】

位相格子3の位相分布データ

1~16	1111111111111111
17~32	1111111111111111
33~48	1000000000001111
49~64	1111111111111011
65~80	0000000000000011
81~96	1111110100000010
97~112	1111111111010001
113~128	0111111111110000
129~144	0000000000000000
145~160	0000000000000000
161~176	0111111111100000
177~192	0000000000000010
193~208	1111111111110000
209~224	0000001011111101
225~240	0000000000101110
241~256	1000000000000111

【0061】(位相格子4)

・分岐数: 8

【0062】

【表4】

位相格子4の位相分布データ

1~16	111111111110100
17~32	000000000000000
33~48	000011111111111
49~64	1110110000001010
65~80	111111111111111
81~96	111111111111111
97~112	111111111111111
113~128	111100000000000
129~144	0000000000001011
145~160	111111111111111
161~176	111100000000000
177~192	0001001111110101
193~208	000000000000000
209~224	000000000000000
225~240	000000000000000
241~256	000011111111111

【0063】表1から表4に示したデータを使い、以下の工程にしたがって、高品質な石英基板へ表面凹凸型位

相格子を形成した。

【0064】(1) フォトマスクデータ作成

(2) フォトマスク作製

(3) レジスト露光及び現像

(4) 反応性イオンエッチング及びレジスト除去

作製した位相格子は、どれも、光利用効率80%以上、ビーム強度均一性0.90以上であり、所要の光学性能を満足した。さらに、偏光依存性は存在しなかった。偏光依存性がないということは入射光の偏光状態に関係なく、所要の光利用効率及びビーム強度均一性が得られるということであり、楕円偏光ビームを用いる薄膜加工には欠かせない性質である。

10

【0065】本実施例では、上記の工程にしたがい作製した位相格子を図1のレーザ加工装置へ搭載し、ガラス基板上のITO膜を間隔200 $\mu$ m、幅10 $\mu$ mで切断することにより、液晶パネルのストライプ電極を形成した。図12に、ITO膜及びガラス基板の断面を示す。ガラス基板12103の材質はソーダガラスであり、このガラス基板上に、SiO<sub>2</sub>の緩衝膜12102を介して、

20

ITO膜12101を1500Åだけ堆積させてある。

【0066】図1の構成で、光インテグレータ1109へ入射するビーム径を40 $\mu$ mとし、光インテグレータ1109から出射されるビーム寸法を15 $\times$ 15 $\mu$ m<sup>2</sup>とした。こうすると、開口1110(10 $\times$ 10 $\mu$ m<sup>2</sup>)上には均一な光強度分布が得られる。結像レンズ系(1111a、1111b)の焦点距離は50mm、開口から位相格子までの距離及び位相格子からITO膜面までの距離はどちらも100mmである。ビーム分岐に用いた位相格子は、先の位相格子1のデータから作製したものである。

30

10 $\mu$ mの幅の開溝を200 $\mu$ mの間隔でITO膜上に形成するために、位相格子の1周期の長さを532 $\mu$ mと定めた。この時の位相格子における最小線幅は6.4 $\mu$ mであり、先に述べた作製工程にしたがい、設計寸法に忠実に位相格子の凹凸構造を石英基板へ形成できることを確認している。

【0067】使用したレーザ発振器はQuantronix社製のランプ励起型QスイッチYAGレーザであり、発振波長532nm、定格平均出力8W、出射直後のビーム径は0.80mmである。加工条件とガラス基板への損傷について調べるために、位相格子を使用せずに、Qスイッチ周波数を変えて1本の開溝を加工する実験を繰り返した。その結果、Qスイッチ周波数を10kHz以下に設定すれば、ITO膜及び下地のガラス基板にダメージを与えることなく、開溝を形成できることが判明した。また、加工できるかどうかは、Qスイッチ周波数に依らずに、ピークパワーの大小から決まることが判明した。

40

【0068】図5(a)(b)に、それぞれ、Qスイッチ周波数が10kHzと30kHzの時のレーザ出力と時間の関係を示した。加工時のピークパワーを150Wとすると、Qスイッチ周波数が10kHzの時のパルス幅とパルスエネルギー

50

一は、それぞれ、150nsec、23μJである。他方、Qスイッチ周波数が30kHzの時のパルス幅とパルスエネルギーは、それぞれ、300nsec、45μJである。これらのレーザ発振条件でガラス基板上のITO膜を加工すると、Qスイッチ周波数が10kHzの条件では損傷は生じなかったが、30kHzの条件では溝周縁部ならびにガラス基板表面に微細な損傷が発生した。30kHzの時に損傷が発生した理由は、パルス幅が広がり、過剰のエネルギーが投入されたからである。すなわち、ピークパワーが加工閾値に達している場合でも、Qスイッチ周波数から決まるパルス幅が許容値以上に広がっていると、加工時の損傷が避けられないのである。このような場合には、損傷を避けることを目的として、パルスエネルギーを小さくすることは効果がない。なぜならば、ピークパワーが加工閾値を超えなくなり、加工できなくなるからである。

【0069】以上の結果をふまえ、ビームの分岐数及び加工速度に配慮して、2台のレーザ発振器のQスイッチ周波数を10kHz、定格平均出力を8Wに定めた。この時のパルス幅は150nsec、ピークパワーは定格出力時の5.3KWである。そして、Qスイッチコンドローラ1103から制御信号を送り、それぞれのQスイッチドライバを50μsecづつ位相をずらして駆動することにした。図6は、本実施例におけるレーザ出力と時間の関係を示す図である。2台の発振器を位相をずらして交互に駆動することにより、個々の発振器は10kHzで発振しながら、実効的には、20kHzで駆動した時と同じ加工速度が得られることになる。

【0070】本発明に関わる実験から、厚み1500ÅのITO膜に1本の開溝を形成するには、110W以上のピークパワーを要することが判った。そこで、ピークパワー5.3KWのビームで光インテグレータ1109を介して開口マスク1110を照明し、位相格子1112と結像レンズ系(1111a、1111b)により、32個の開口の像をITO膜の表面に200μmの間隔で形成した。開 \*

$$\Delta x' = m \lambda f \cos(\theta) / p; \quad \begin{matrix} m=1 & \text{(ビーム分岐数が奇数の時)} \\ m=2 & \text{(ビーム分岐数が偶数の時)} \end{matrix} \dots (3)$$

【0074】このような調節機構を備えることにより、液晶パネルの仕様に合わせて、高精度に電極パターンニングを行うことが可能になり、さらに、電極間隔が異なる液晶パネルの試作へも容易に対応できる。したがって、商品開発のリードタイムを大幅に短縮できることになる。

【0075】本実施例の加工装置ならびに加工方法によれば、ITO膜を10μm以下の切断幅でパターンニングすることができる。このことにより、液晶パネルの表示品質を支配する主要因であるところの開口率ならびにコントラスト比が大きく向上する。他方、従来のフォトリソグラフィによる電極加工で得られる電極ギャップは30μmであり、液晶パネルの開口率ならびにコントラスト比を低下させる大きな原因となっていた。

\* 口の像の大きさはどれも10×10μm<sup>2</sup>である。図4に、像の光強度分布と加工痕の大きさを示した。像の光強度分布の断面形状が矩形であるので、像とほぼ同じ形状、同じ大きさの加工痕が得られる。すなわち、ITO膜上に形成された加工痕の径もほぼ10×10μm<sup>2</sup>である。さらに、像の光強度が急峻に変化するので、加工閾値の近傍に、光強度勾配に起因する加工不良、例えば、開溝の縁の隆起や加工残留物などが発生しなくなる。この結果、前記の加工不良に起因する液晶分子の配向不良がなくなり、液晶パネルの表示品質不良の発生率が大幅に減る。

【0071】一発のパルスで32個の加工痕(10×10μm<sup>2</sup>)を200μmの間隔で同時に形成し、次のパルスが発振するまでの50μsecの間欠時間に、精密ステージを使い、加工痕の一辺の長さよりもわずかに短い距離9μmだけ基板を移動させる。こうして2台の発振器からのパルスビームで、交互に、正形状の加工痕を32個同時に形成することを続けると、図10に示すように、間隔200μm、幅10μmの溝を間欠部分なく加工することができた。この間のステージの移動速度は毎秒180mmであり、常に一定である。加工速度を、(加工速度) = (ビーム分岐数) × (ステージ移動速度) と定義すると、同時に32本の溝を加工することにより、毎秒5760mmの加工速度を達成したことになる。図13に、以上のようにして得た電極パターンを示した。

【0072】32個の像の並びの方向をステージ移動方向に対して傾けることにより、像の間隔すなわち加工溝の間隔を調節することができる。像の並び方向を傾けるには、回転ステージを使い、位相格子をその面内で回転させればよい。この時の回転角度をθとすると、加工溝の間隔Δx'は次式で与えられる。

【0073】

【数3】

【0076】本実施例では、ランブ励起型QスイッチYAGレーザを用いたが、半導体レーザ励起型QスイッチYAGレーザを用いてもよい。また、YAGレーザの代わりにYLFレーザを使用した場合でも、同等の効果が得られる。さらに、固体レーザに限らずに、パルス発振が可能な気体レーザを用いることもできる。また、加工に適したQスイッチ周波数はレーザ発振器の特性に依存し、本実施例において引用した10kHzに限るものではない。使用するレーザ発振器の特性ならびに被加工物の特性に合わせて、最適なQスイッチ周波数を決定しなければならない。

【0077】上記の実施例では、間隔200μm、幅10μmの溝加工について発明の効果を説明したが、これらの条件が異なる溝加工についても、①位相格子の周期を変

えることにより、あるいは、②結像レンズ系の焦点距離を変えることにより、容易に対応することができる。ビーム分岐数も、32本に限るものではなく、レーザ加工装置の仕様に合わせて決定すればよい。例えば、表2あるいは表4のデータを使い、16分岐用の位相格子を作製して用いることもできる。①被加工物の物性、②使用するレーザ発振器の出力及び台数を考慮し、加工能力の観点から最適な分岐数を定め、所要の位相格子を設計、製作することにより、多くの加工用途へ容易に対応することができる。また、振幅マスクの形態も開口マスクに限るものではなく、振幅分布の形状も任意である。 \*

$$0+0=0, 0+\pi=\pi, \pi+\pi=2\pi (=0) \quad \dots (4)$$

【0081】本実施例では、実施例1に示した位相格子1と位相格子3のデータを用いて、 $32 \times 2$ 個の開口の像を同時に発生させ得る2次元位相格子を設計、作製した。位相格子の位相分布の平面図を図9に示した。

【0082】1列目と2列目の開口の像の間隔を $(2k+1)\Delta y$ 、パルス間欠時間におけるステージ移動量を $2\Delta y$ とする。集光スポット間隔とステージ移動量との関係を詳細に調べたところ、加工を始めた初期の部分に、加工痕がつかない箇所が生じることが判った。これを考慮すると、1列で加工した時の加工速度に対する加工速度比 $\beta$ は次式で与えられる。

【0083】

【数5】

$$\beta = 2(1 - k/n) \quad (k \text{ は自然数}) \quad \dots (5)$$

【0084】ただし、 $\Delta y$ は加工痕の大きさを考慮して決める量、 $n$ は照射したレーザパルス数である。式

(5)の関係を図14に示した。液晶パネルの画素部を縦断するために要するステージ移動距離(レーザパルス照射数 $n$ とステージ移動量 $2\Delta y$ の積に等しい)と比べると、開口の像の並びの間隔 $(2k+1)\Delta y$ は無視し得るくらいに短いので、加工速度比 $\beta$ は実効的に2に等※

$$\beta = m(1 - (m-1)k/n)$$

【0088】すなわち、開口の像を1列だけ並べて加工する時と比べて、加工速度比 $\beta$ は $m$ 倍となり、加工速度を大きく向上させることができる。

【0089】(実施例3)本発明のレーザ加工装置の構成を図2に示す。実施例1ないし2に対する構成上の相違点は、レーザ発振器を1台だけ備えている点にある。40

【0090】レーザ発振器2101はQスイッチYA Gレーザであり、直線偏光のTEM<sub>00</sub>モードを出射する。レーザ発振器のQスイッチ周波数は、Qスイッチドライバ2102により制御される。ビーム径縮小用コリメータ2104により、発振器から出射されるビーム2103を縮小する。そして、波長板2106によりビームの偏光を楕円偏光にした後に、光インテグレート2107を介して振幅マスク2108へ入射させる。振幅マスクを透過したビームは結像レンズ系(2109a、2109b)へ入射する。結像レンズ系はふたつのレンズ

\*【0078】(実施例2)実施例1に対する本発明の構成上の相違点は、1次元格子の代わりに2次元位相格子を用いる点にある。2次元位相格子を使うことにより、2列以上の開口の像の並びを同時に発生させることができる。

【0079】2次元格子の位相分布を決定するには、2つの1次元格子を直交させて重ねればよい。1次元格子の位相値は0または $\pi$ であるから、以下の規則にしたがい、2次元格子の位相分布も0または $\pi$ となる。

【0080】

【数4】

※しくなる。すなわち、1次元格子の場合の2倍の加工速度が得られることになる。

【0085】本実施例では、ステージ移動方向の像の間隔を $30\mu\text{m}$ に定め、 $50\mu\text{sec}$ のパルス間欠時間に、 $20\mu\text{m}$ だけステージを移動させた( $k=1$ 、 $\Delta y=10\mu\text{m}$ に相当する)。こうして2台の発振器からのパルスビームで、交互に、 $10 \times 10\mu\text{m}^2$ の加工痕を $32 \times 2$ 個同時に形成すること続けると、図11に示すように、間隔 $200\mu\text{m}$ 、幅 $10\mu\text{m}$ の溝を間欠部分なく加工することができた。この間のステージの移動速度は毎秒 $400\text{mm}$ であり、毎秒 $12800\text{mm}$ の加工速度を達成したことになる。図11の左端において加工されていない部分が残っているが、ステージ移動速度と2列のスポット間隔との関係で生じるものであり、無視し得る程度のものである。

【0086】さらに、ステージ移動方向の開口の像の数を増やし、像の並びの数を $m$ 、それぞれの間隔を $(mk+1)\Delta y$ とすると、加工速度比 $\beta$ は次式で与えられる。

【0087】

【数6】

$$(k \text{ は自然数}) \quad \dots (6)$$

系2109aと2109bから構成され、両者の間には位相格子2110が存在する。位相格子2110には、1本の入射ビームを32本の回折ビームに分岐する作用がある。結像レンズ系(2109a、2109b)と位相格子2110の作用により、精密ステージ2112の上に保持されたITO膜基板2111の表面に、振幅マスク2108の32個の像を等しい間隔で形成する。そして、精密ステージ2112を移動することにより、直線状あるいは曲線状にITO膜を切断する。図中、2105は光路折り曲げミラーである。

【0091】波長板を用いてビームを楕円偏光にすることにより、ITO膜が有する異方性、不均一性や、ITO膜上の付着物に左右されることなく、均一な幅と深さでITO膜を切断できるので、所要の加工品質を恒常的に維持することが可能となる。

【0092】本実施例の振幅マスクには、実施例1と同

じ金属製の開口マスクを用いた。開口形状は正方形であり、その大きさは $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ である。位相格子2110で前記の開口マスク2108から32個の回折像を得て、倍率1:1の結像レンズ系(2109a、2109b)により、前記の回折像から32個の開口の像をITO膜上に形成する。開口マスク2108の前には、レンズアレイを採用した光インテグレータ2107を配置する。この光インテグレータにより開口上の光強度分布を均一にでき、したがって、ITO膜上の開口の像における光強度分布も均一にできる。こうした均一な光強度分布を加工へ用いることにより、ITO膜基板の性質に左右されずに所要の加工品質を確保することができる。

【0093】本実施例では、実施例1の1次元位相格子または実施例2の2次元位相格子を図2のレーザ加工装置へ搭載し、ガラス基板上のITO膜を間隔 $200 \mu\text{m}$ 、幅 $10 \mu\text{m}$ で切断することにより、液晶パネルのストライプ電極を形成した。図12に、ITO膜及びガラス基板の断面を示す。ガラス基板12103の材質はソーダガラスであり、このガラス基板上に、 $\text{SiO}_2$ の緩衝膜12102を介して、ITO膜12101を $1500 \text{\AA}$ だけ堆積させてある。

【0094】図2の構成において、光インテグレータ2107へ入射するビーム径を $40 \mu\text{m}$ に定め、光インテグレータ2107から出射されるビーム幅を $15 \times 15 \mu\text{m}^2$ とした。こうすると、開口2108( $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ )上には均一な光強度分布が得られる。結像レンズ系(2109a、2109b)の焦点距離は $50 \text{mm}$ 、開口から位相格子までの距離ならびに位相格子からITO膜面までの距離はどちらも $100 \text{mm}$ である。ビーム分岐に用いた位相格子は、先に示した位相格子1のデータから作製したものである。 $10 \mu\text{m}$ の幅の開溝を $200 \mu\text{m}$ の間隔でITO膜上に形成するために、位相格子の1周期の長さを $532 \mu\text{m}$ と定めた。この時の位相格子における最小線幅は $6.4 \mu\text{m}$ であり、先に述べた作製工程にしたがい、設計寸法に忠実に位相格子の凹凸構造を石英基板へ形成できることを確認している。

【0095】使用したレーザ発振器はQuantronix社製のランプ励起型QスイッチYAGレーザであり、発振波長 $532 \text{nm}$ 、定格平均出力 $8 \text{W}$ 、出射直後のビーム径は $0.80 \text{mm}$ である。加工条件とガラス基板への損傷について調べるために、位相格子を使用せずに、Qスイッチ周波数を変えて1本の開溝を加工する実験を繰り返した。その結果、Qスイッチ周波数を $10 \text{kHz}$ 以下に設定すれば、ITO膜及び下地のガラス基板にダメージを与えることなく、開溝を形成できることが判明した。また、加工できるかどうかは、Qスイッチ周波数に依らずに、ピークパワーの大小から決まることが判明した。

【0096】図5(a)(b)に、それぞれ、Qスイッチ周波数が $10 \text{kHz}$ と $30 \text{kHz}$ の時のレーザ出力と時間の関係を示した。加工時のピークパワーを $150 \text{W}$ とすると、Qス

イッチ周波数が $10 \text{kHz}$ の時のパルス幅とパルスエネルギーは、それぞれ、 $150 \text{nsec}$ 、 $23 \mu\text{J}$ である。他方、Qスイッチ周波数が $30 \text{kHz}$ の時のパルス幅とパルスエネルギーは、それぞれ、 $300 \text{nsec}$ 、 $45 \mu\text{J}$ である。これらのレーザ発振条件でガラス基板上のITO膜を加工すると、Qスイッチ周波数が $10 \text{kHz}$ の条件では損傷は生じなかったが、 $30 \text{kHz}$ の条件では溝周縁部ならびにガラス基板表面に微細な損傷が発生した。 $30 \text{kHz}$ の時に損傷が発生した理由は、パルス幅が広がり、過剰のエネルギーが投入されたからである。すなわち、ピークパワーが加工閾値に達している場合でも、Qスイッチ周波数から決まるパルス幅が許容値以上に広がっていると、加工時の損傷が避けられないのである。このような場合には、損傷を避けることを目的として、パルスエネルギーを小さくすることは効果がない。なぜならば、ピークパワーが加工閾値を超えなくなり、加工できなくなるからである。

【0097】以上の結果をふまえ、ビームの分岐数及び加工速度に配慮して、レーザ発振器のQスイッチ周波数を $10 \text{kHz}$ 、定格平均出力を $8 \text{W}$ に定めた。この時のパルス幅は $150 \text{nsec}$ 、ピークパワーは定格出力時の $5.3 \text{KW}$ である。図7に、本実施例におけるレーザ出力と時間の関係を示した。

【0098】本発明に関わる実験から、厚み $1500 \text{\AA}$ のITO膜に1本の開溝を形成するには、 $110 \text{W}$ 以上のピークパワーを要することが判明した。そこで、ピークパワー $5.3 \text{KW}$ のビームで光インテグレータ2107を介して開口マスク2108を照明し、位相格子2110と結像レンズ系(2109a、2109b)により、開口を透過したビームから32個の開口の像2113をITO膜2111の表面に $200 \mu\text{m}$ の間隔で形成した。開口の像の大きさはどれも $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ である。図4に、像の光強度分布と加工痕の大きさを示した。像の光強度分布の断面形状が矩形であるので、像とほぼ同じ形状、同じ大きさの加工痕が得られる。すなわち、ITO膜上に形成された加工痕の径もほぼ $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ となるのである。さらに、像の光強度が急峻に変化するので、加工閾値の近傍に、強度勾配に起因する加工不良、例えば、開溝の縁の隆起や加工残留物などが発生しなくなる。この結果、前記の加工不良に起因する液晶分子の配向不良がなくなり、液晶パネルの表示品質不良の発生率が大幅に減る。

【0099】一発のパルスで32個の加工痕( $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ )を $200 \mu\text{m}$ の間隔で同時に形成し、次のパルスが発振するまでの $100 \mu\text{sec}$ の間欠時間に、精密ステージを使い、加工痕の一辺の長さよりもわずかに短い距離 $9 \mu\text{m}$ だけ基板を移動させる。こうして2台の発振器からのパルスビームで、交互に、正方形の加工痕を32個同時に形成すること続けると、図10に示すように、間隔 $200 \mu\text{m}$ 、幅 $10 \mu\text{m}$ の溝を間欠部分なく加工することができた。この間のステージの移動速度は毎秒 $90 \text{mm}$ であり、常に一定である。加工速度を、(加工速度) = (ビ

ーム分岐数)×(ステージ移動速度)と定義すると、同時に32本の溝を加工することにより、毎秒2880mmの加工速度を達成したことになる。図13に、以上のようにして得た電極パターンを示した。

【0100】32個の像の並びの方向をステージ移動方向に対して傾けることにより、像の間隔すなわち加工溝\*

$$\Delta x' = m\lambda f \cos(\theta) / p; \quad m = \begin{cases} 1 & (\text{ビーム分岐数が奇数の時}) \\ 2 & (\text{ビーム分岐数が偶数の時}) \end{cases} \quad (7)$$

【0102】このような調節機構を備えることにより、液晶パネルの仕様に合わせて、高精度に電極パターンニングを行うことが可能になり、さらに、電極間隔が異なる液晶パネルの試作へも容易に対応できる。したがって、商品開発のリードタイムを大幅に短縮できることとなる。

【0103】本実施例の加工装置ならびに加工方法によれば、ITO膜を10μm以下の切断幅でパターンニングすることができる。このことにより、液晶パネルの表示品質を支配する主要因であるところの開口率ならびにコントラスト比が大きく向上する。他方、従来のフォトリソグラフィによる電極加工で得られる電極ギャップは30μmであり、液晶パネルの開口率ならびにコントラスト比を低下させる大きな原因となっていた。

【0104】本実施例では、ランプ励起型QスイッチYAGレーザを用いたが、半導体レーザ励起型QスイッチYAGレーザを用いてもよい。また、YAGレーザの代わりにYLFレーザを使用した場合でも、同等の効果が得られる。さらに、固体レーザに限らずに、パルス発振が可能な気体レーザを用いることもできる。また、加工に適したQスイッチ周波数はレーザ発振器の特性に依存し、本実施例において引用した10KHzに限るものではない。使用するレーザ発振器の特性ならびに被加工物の特性に合わせて、最適なQスイッチ周波数を決定しなければならない。

【0105】上記の実施例では、間隔200μm、幅10μmの溝加工について発明の効果を説明したが、これらの条件が異なる溝加工についても、①位相格子の周期を変えることにより、あるいは、②結像レンズ系の焦点距離を変えることにより、容易に対応することができる。ビーム分岐数も、32本に限るものではなく、レーザ加工装置の仕様に合わせて決定すればよい。例えば、表2あるいは表4のデータを使い、16分岐用の位相格子を製作して用いることもできる。③被加工物の物性、④使用するレーザ発振器の出力及び台数を考慮し、加工能力の観点から最適な分岐数を定め、所要の位相格子を設計、製作することにより、多くの加工用途へ容易に対応することができる。また、振幅マスクの形態も開口マスクに限るものではなく、振幅分布の形状も任意である。

【0106】(実施例4) 実施例1ないし3の加工装置により加工されたITO膜基板上に配向膜を形成し、この配向膜に対して所要の配向処理(例えば、ラビング処

\*の間隔を調節することができる。像の並び方向を傾けるには、回転ステージを使い、位相格子をその面内で回転させればよい。この時の回転角度をθとすると、加工溝の間隔Δx'は次式で与えられる。

【0101】

【数7】

理)を加える。配向処理を終えた、電極パターンが直交する2枚のITO膜基板の間に液晶を封入し、液晶パネルを組み立てる。組み上げた液晶パネルに駆動回路を実装するには、図15に示すように、3つの方法がある。なお、以下の説明で用いるTABなる語は、Tape Automated Bondingの略称であり、一般には、駆動回路をテープ上に形成することを意味する。ここでは、駆動回路が形成されたテープという意味で、TABテープなる語を用いる。

【0107】(1) TABテープをパネルの片側だけに実装する方法

20 TABテープ15102における配線間隔は、液晶パネルの画素電極15101の間隔に等しい。この実装方法によれば、液晶パネルとTABテープをつなぐ中間領域(例えば、図16において開溝が傾斜している領域)が不要になり、液晶パネルの上下の一方ならびに左右の一方だけにTABテープを配置すれば足りるので、液晶パネルの収納スペースを大幅に節約できる。液晶パネルの収納スペースを節約することにより、表示装置を小さくかつ軽くできる、多彩なオプション機能を付加できる、といった効果が生まれる(図15(a)参照)

30 (2) TABテープをパネルの両側に千鳥状に実装する方法

TABテープには熱収縮があるので、液晶パネルの一辺の長さにわたり、TABテープの配線間隔の精度を確保することが難しい場合がある。この点に、上記(1)の実装方法の技術的困難さがある。そこで、適当な長さのTABテープ15202を複数用意して、液晶パネルの上下及び左右に千鳥状に配置することにより、TABテープの配線精度を確保することができる。このような実装方法でも、画素電極14201とTABテープ15202をつなぐ中間領域が不要になるので、液晶パネルの収納スペースを節約する効果は大きい。(図15(b)参照)

(3) TABテープを中間領域を介して実装する方法  
例えばガルバノミラーを使い、ステージ移動方向と直交する方向にビームをふるることにより、図16に示すような電極パターンを形成する。このような電極パターンを中間領域15303として設けて、画素電極15301とTABテープ15302を接続する。この方法は、液晶パネルの収納スペースを節約する効果は小さいが、従来の実装部品をそのまま使用できるので、上記(1)

(2)の方法に比べて、実装コストを低く抑える効果は格段に大きい。(図15(c)参照)

実施例1ないし9の加工装置により加工された、単純マトリクス駆動型液晶パネルのストライプ電極の平面図を図17(a)に示した。電極ピッチは200 $\mu$ m、電極ギャップは10 $\mu$ mである。図中、17101は上側基板の電極ギャップであり、17102は下側基板の電極ギャップである。上側と下側の区別は、液晶パネルの前に立った視認者から見た時に、手前が上側、奥が下側というふうに定めた。

【0108】他方、従来のやり方にしがたい、フォトリソ露光によりパターンニングされたストライプ電極の拡大図を図17(b)に示す。図中、17201は上側基板の電極ギャップであり、17202は下側基板の電極ギャップである。電極ピッチは200 $\mu$ m、電極ギャップは30 $\mu$ mである。

$$C = x \cdot P^2 / [P^2 - (P - g)^2] = x / (1 - \alpha) \quad \dots (9)$$

【0114】ただし、 $x$ は、主に、液晶の配向条件、液晶層の厚さ、駆動条件から決まる変数である。式(8)と式(9)から、電極開口率とコントラスト比の間には、大きな相関があることが理解できる。

【0115】式(8)と式(9)を使い、図17に示した2種類の液晶パネルの電極開口率とコントラスト比を計算した。本発明の液晶パネルについては、電極開口率0.90、コントラスト比20を得た。他方、従来の液晶パネルでは、電極開口率0.72、コントラスト比3.6を得た。これらの計算値に対して、実測値は、本発明の液晶パネルが、電極開口率0.90、コントラスト比45であり、従来の液晶パネルが、電極開口率0.70、コントラスト比30であった。

【0116】本発明のレーザ加工装置及び加工方法を用いて液晶パネルの電極パターンニングを行うことにより、電極ギャップを従来の3分の1以下(10 $\mu$ m以下)狭め、電極開口率を1.3倍に、コントラスト比を1.5倍にできた。この結果、本発明の液晶パネルの視認性は、従来の液晶パネルと比べて、格段に向上した。

【0117】

【発明の効果】本発明のレーザ加工装置は、複数のパルスレーザ発振器を発振サイクルの位相をずらして順次駆動することと、前記複数のレーザ発振器からのビームの品質を同じにすることと、前記複数のレーザ発振器からのビームを楕円偏光にすることにより、(1)実効的な発振周波数を低下させることなく、個々の発振器の発振周波数を下げることが可能になり、(2)この結果、所要のピークパワーとパルス幅を得て、被加工物に熱的損傷を与えずに高品質の加工を行うことができ、(3)ビームを楕円偏光にすることにより、被加工物が有する異方性や被加工物上の付着物に左右されることがなく、所要の加工品質を恒常的に維持することができる。

【0118】さらに、位相変調作用を有する回折素子と

\*【0109】液晶パネルの表示品質を決定する主たる要因は、電極開口率と、コントラスト比である。電極開口率とは、光の透過率(あるいは反射率)を制御することが可能な有効電極面積のことである。電極開口率を次式により定義する。

【0110】

【数8】

$$\alpha = (P - g)^2 / P^2 = (1 - g/P)^2 \quad \dots (8)$$

【0111】ただし、 $P$ は電極ピッチ、 $g$ は電極ギャップである。当然、 $\alpha < 1$ である。

【0112】他方、コントラスト比とは、光の透過率(あるいは反射率)の最大値と最小値の比のことであり、次式により定義できる。

【0113】

【数9】

結像レンズ系により得た複数の実像を被加工物表面へ照射し、被加工物表面の複数部位を同時に加工することで、加工能力を大きく向上させることができる。すなわち、実像の数を $N$ とすると、ひとつの実像で加工した時の加工能力の $N$ 倍の加工能力を達成できる。

【0119】本発明のレーザ加工方法により、上記の加工装置を使い、基板上に被着された透光性導電膜に複数の開口像を選択的に照射し、前記基板あるいは前記複数の開口像を移動することにより、前記透光性導電膜に複数の開溝を同時に形成することができる。インテグレートで開口上の光強度分布を均一にし、前記開口を透過するビームを、分岐後の複数のビームが等強度になるように設計された表面凹凸型2値位相格子で分岐することにより、加工形状ならびに加工品質が均一な開溝を形成できる。

【0120】本発明の液晶パネルは、上記のレーザ加工装置及び加工方法により加工されたストライプ状の電極構造を有する液晶パネルである。電極間に存在する切断溝(ギャップ)の幅が10 $\mu$ m以下であり、かつ、前記ギャップが所定の間隔で表示エリア内に一様に形成されているので、液晶パネルの表示品質を左右する主要因であるところの、コントラスト比ならびに視認性が大きく向上している。

【0121】さらに、光インテグレートと開口を用いることにより、像の光強度が急峻に変化するので、加工閾値の近傍に、光強度勾配に起因する加工不良、例えば、開溝の縁の隆起や加工残留物などが発生しなくなる。この結果、加工不良に起因する液晶分子の配向不良がなくなり、液晶パネルの表示品質不良の発生率が大幅に減る。

【0122】また、フォトリソグラフィにより電極をパターンニングする従来のやり方と比べても、本発明の電極加工方法は、工程数が少なくかつウェット処理工程を要

しないという点で優れている。したがって、生産設備が簡素になり、工程管理も容易にかつ確実になることから、液晶パネルの生産コストの削減に大きく貢献することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1または2のレーザ加工装置の構成を示す図である。

【図2】実施例3のレーザ加工装置の構成を示す図である。

【図3】複数の開口の像を発生させる構成を示す図である。 10

【図4】開口の像の強度分布と加工痕の関係を示す図である。

【図5】Qスイッチ周波数とビーム特性の関係を示す図である。

(a) Qスイッチ周波数が10kHzの場合の図。

(b) Qスイッチ周波数が30kHzの場合の図。

【図6】2台のレーザ発振機を交互駆動した時のレーザ出力と時間の関係を示す図である。

【図7】1台のレーザ発振機を駆動した時のレーザ出力と時間の関係を示す 20

【図8】1次元位相格子の外観を示す図である。

【図9】2次元位相格子の外観を示す図である。

【図10】実施例1または3における加工溝の形状を示す平面図である。

【図11】実施例2における加工溝の形状を示す平面図である。

【図12】ITO膜及びガラス基板の断面図である。

【図13】加工されたITO膜の平面図である。

【図14】加工速度比とパルス数の関係を示す図である。 30

【図15】液晶パネルの実装方法を説明する図である。

(a) TABテープをパネルの片側だけに実装する場合の図。

(b) TABテープをパネルの両側に千鳥状に実装する場合の図。

(c) TABテープを中間領域を介して実装する場合の図。

【図16】ストライプ電極とTABテープを接続する中間領域の平面図である。 40

【図17】液晶パネルの電極パターンの平面図である。

(a) 本発明の加工装置及び加工方法により加工した電極パターンの図。

(b) 従来の加工方法により加工した電極パターンの図。

【符号の説明】

1101a レーザ発振機

1101b レーザ発振機

1102a Qスイッチドライバ

1102b Qスイッチドライバ

1103 コントローラ

1104a レーザビーム

1104b レーザビーム

1105a ビーム径縮小用コリメータ

1105b ビーム径縮小用コリメータ

1106 光路折り曲げミラー

1107 偏光合成素子

1108 波長板

1109 光インテグレータ

1110 開口マスク

1111a 結像レンズ系

1111b 結像レンズ系

1112 位相格子

1113 ITO膜基板

1114 精密ステージ

1115 開口の像の並び

2101 レーザ発振機

2102 Qスイッチドライバ

2103 レーザビーム

2104 ビーム径縮小用コリメータ

2105 光路折り曲げミラー

2106 波長板

2107 光インテグレータ

2108 開口マスク

2109 位相格子

2110 集光レンズ

2111 ITO膜基板

2112 精密ステージ

2113 開口の像の並び

10101 加工溝

10102 ITO膜

11101 加工溝

11102 ITO膜

12101 ITO膜

12102 SiO<sub>2</sub>緩衝膜

12103 ガラス基板

13101 加工溝

13102 ITO膜

15101 画素電極

15102 TABテープ

15201 画素電極

15202 TABテープ

15301 画素電極

15302 TABテープ

15303 中間領域

16101 加工溝

16102 ITO膜

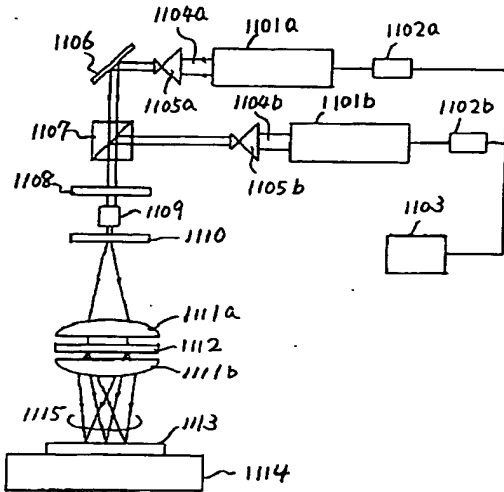
17101 上側電極ギャップ

17102 下側電極ギャップ

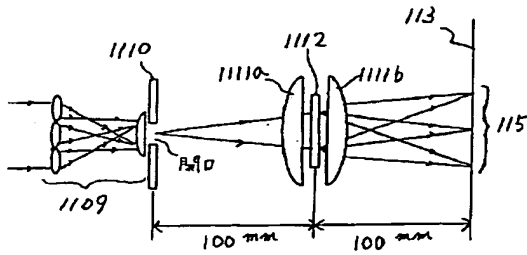
50 17201 上側電極ギャップ



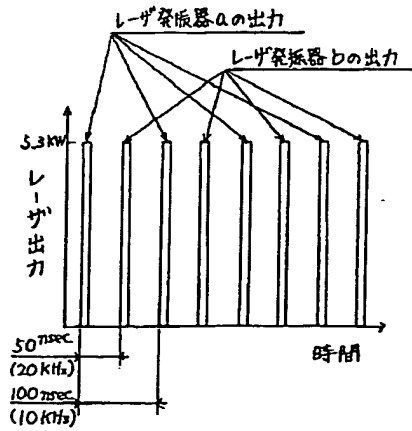
【図1】



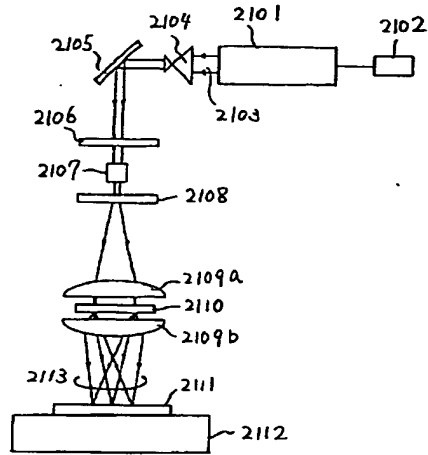
【図3】



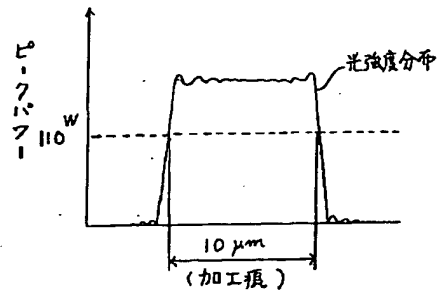
【図6】



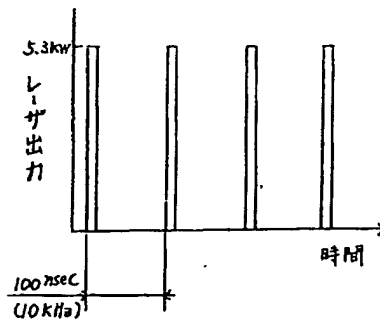
【図2】



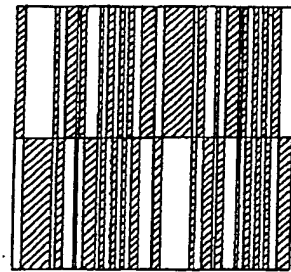
【図4】



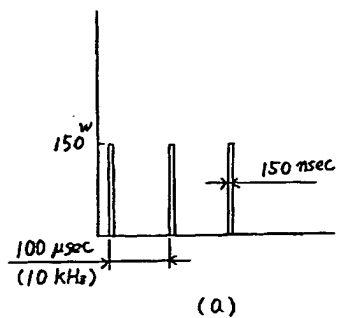
【図7】



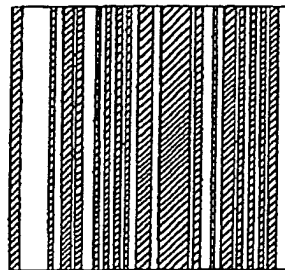
【図9】



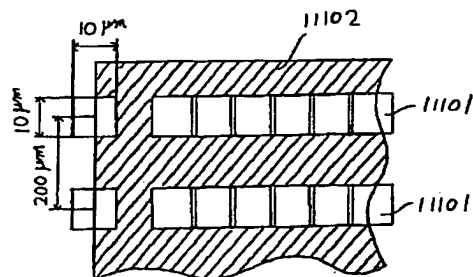
【図5】



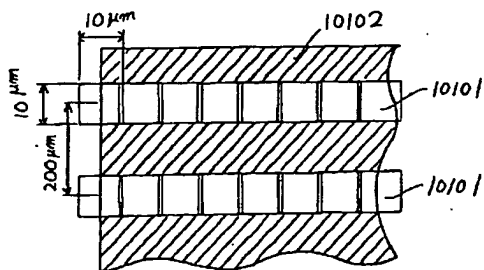
【図8】



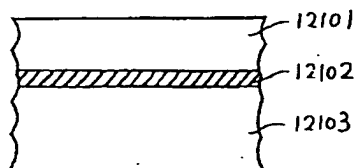
【図11】



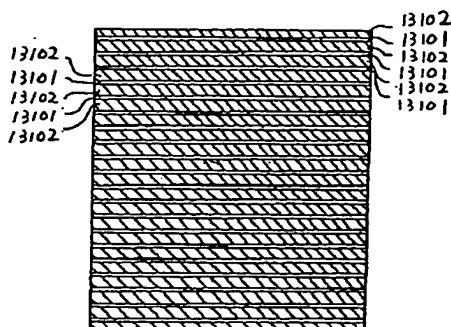
【図10】



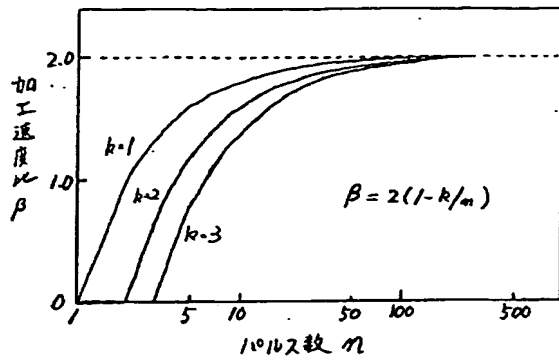
【図12】



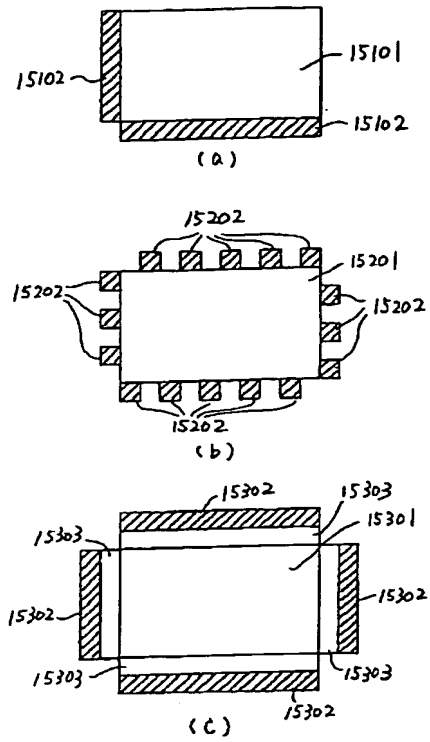
【図13】



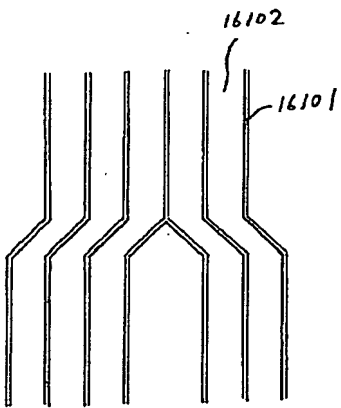
【図14】



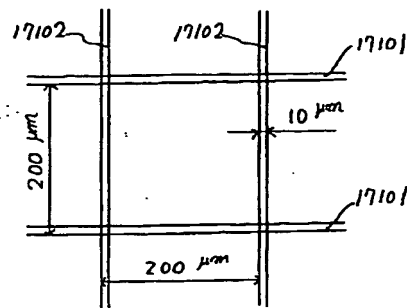
【図15】



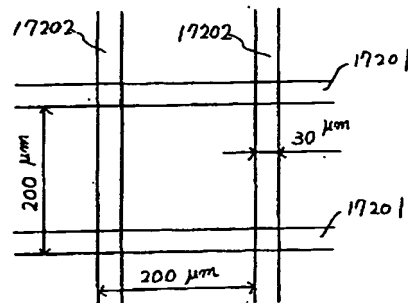
【図16】



【図 17】



(a)



(b)

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 F 1/1343

H 0 1 S 3/127

識別記号

片内整理番号

F 1

技術表示箇所